

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-318861

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/28		Z		
F 2 1 V 9/14				
G 0 2 B 5/30				
G 0 2 F 1/1335	5 1 0			
G 0 3 B 21/14		A		

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-105136

(22) 出願日 平成6年(1994)5月19日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 北岸 望

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

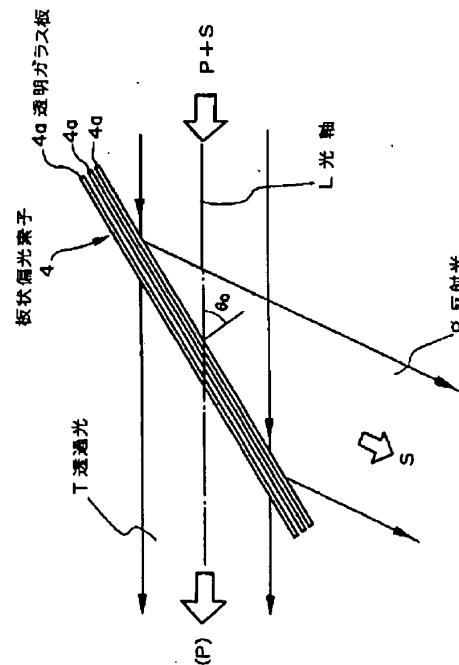
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 板状偏光素子、該板状偏光素子を用いた偏光照明装置および前記板状偏光素子を用いたプロジェクター

(57) 【要約】

【目的】 簡単な構成で偏光分離効率が高い板状偏光素子を提供する。

【構成】 それぞれ屈折率が1.6以上の3枚の透明ガラス板4aが、光軸Lに対して入射角 $\theta_0$ が略ブリュースター角になるように配置されている。板状偏光素子4での反射光RはS偏光光に変換され、板状偏光素子4での透過光Tは効率的にP偏光光に変換される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光軸に対して入射角が略ブリュースター角となるように複数の透明平板を配置した板状偏光素子において、

前記各透明平板の屈折率が、それぞれ1.6以上であることを特徴とする板状偏光素子。

【請求項2】 前記各透明平板は、それぞれアッペ数が41.5以下である請求項1に記載の板状偏光素子。

【請求項3】 前記各透明平板は、それぞれ屈折率が1.8以上である請求項1に記載の板状偏光素子。

【請求項4】 前記各透明平板は、それぞれアッペ数が27以下である請求項3に記載の板状偏光素子。

【請求項5】 無偏光光を発する光源と、該光源からの無偏光光を偏光状態が互いに異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置と、前記一対の偏光光のうち一方の偏光光の偏光状態を変換して他方の偏光光の偏光状態と一致させ、前記一対の偏光光の進行方向を一致させる偏光変換装置とを有する偏光照明装置において、

前記偏光分離装置として、請求項1ないし4のいずれか1項に記載の板状偏光素子を用いたことを特徴とする偏光照明装置。

【請求項6】 無偏光光を発する光源と、該光源からの無偏光光を偏光状態が互いに異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置と、前記一対の偏光光のうち一方の偏光光の偏光状態を変換して他方の偏光光の偏光状態と一致させ、前記一対の偏光光の進行方向を一致させる偏光変換装置と、前記一対の偏光光を変調することにより画像光を形成する画像形成装置と、前記画像光を投射する投射レンズとを有するプロジェクターにおいて、

前記偏光分離装置として、請求項1ないし4のいずれか1項に記載の板状偏光素子を用いたことを特徴とするプロジェクター。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、無偏光の光から偏光光を取り出す偏光素子、および偏光光を変調するデバイスなどを照明する偏光照明装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、無偏光の光を偏光状態が互いに異なる一対の偏光光（P偏光光とS偏光光）に分離する手段としては、入射光の光軸に対して入射角が略ブリュースター角となるように複数の透明平板を配置した板状偏光素子が知られている。透明平板としては、入手が容易なこともあって白板が一般に用いられており、その屈折率は約1.5である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の板状偏光素子では偏光分離効率が悪いという問題点があった。例えば、透明平板を3枚重ね合わせたとき、P偏光光の透過率は100%であるが、S偏光光の

2

透過率は41.9%であり、 $|P-S|/(P+S)$ で表わされる偏光度は0.41という低い値しか得られなくなってしまう。すなわち偏光分離効率が悪い。

【0004】そこで、複数の透明平板の表面に、P偏光成分とS偏光成分の透過率が異なるような特性の誘電体薄膜をコーティングして偏光分離特性を向上させることが考えられる。しかしこの場合は、入射角が変化すると分光特性が変化し、分光特性のフラットなものが得にくくなってしまふ。また、誘電体薄膜は十数層も必要となるため製造工程も大幅に増加し、高価なものとなってしまう。

【0005】本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、簡単な構成で偏光分離効率が高い板状偏光素子を提供することを目的とし、また、このような板状偏光素子を用いることで光源からの光を効率的に所定の偏光光に変換できる偏光照明装置およびプロジェクターを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明の板状偏光素子は、光軸に対して入射角が略ブリュースター角となるように複数の透明平板を配置した板状偏光素子において、前記各透明平板の屈折率が、それぞれ1.6以上であることを特徴とする。

【0007】この場合、前記各透明平板は、それぞれアッペ数が41.5以下であってもよい。

【0008】また、前記各透明平板は、それぞれ屈折率が1.8以上であってもよく、この場合、前記各透明平板は、それぞれアッペ数が27以下であってもよい。本発明の偏光照明装置は、無偏光光を発する光源と、該光源からの無偏光光を偏光状態が互いに異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置と、前記一対の偏光光のうち一方の偏光光の偏光状態を変換して他方の偏光光の偏光状態と一致させ、前記一対の偏光光の進行方向を一致させる偏光変換装置とを有する偏光照明装置において、前記偏光分離装置として、上記本発明の板状偏光素子を用いたことを特徴とする。

【0009】本発明のプロジェクターは、無偏光光を発する光源と、該光源からの無偏光光を偏光状態が互いに異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置と、前記一対の偏光光のうち一方の偏光光の偏光状態を変換して他方の偏光光の偏光状態と一致させ、前記一対の偏光光の進行方向を一致させる偏光変換装置と、前記一対の偏光光を変調することにより画像光を形成する画像形成装置と、前記画像光を投射する投射レンズとを有するプロジェクターにおいて、前記偏光分離装置として、上記本発明の板状偏光素子を用いたことを特徴とするものである。

## 【0010】

【作用】無偏光光が透明物質に入射するときのP偏光光の反射率 $R_p$ とS偏光光の反射率 $R_s$ は、透明物質の屈

折率を $n$ 、光の入射角を $i$ 、屈折角を $r$ とすると、

$$R_P = \tan^2 (i-r) / \tan^2 (i+r) \quad \cdots (1)$$

$$R_S = \sin^2 (i-r) / \sin^2 (i+r) \quad \cdots (2)$$

で表わされ、入射角 $i$ がブリュースター角のときP偏光光の反射率 $R_P$ は零になり、反射光はS偏光光だけになることはよく知られている。

【0011】ここで、透明物質として1枚の透明な平板を考えたとき、この平板に光を入射させると、光が平板を透過するまでに2つの面で反射および屈折が行なわれる結果、S偏光光だけで構成される、平板の反射率 $R_{s01}$ は増加する。また、P偏光成分とS偏光成分が混在している、平板の透過光は、S偏光光の比率が低くなっていき、P偏光光の比率が高くなっていく。

【0012】1つの面でのP偏光光の透過率を $T_P$ 、1つの面でのS偏光光の透過率を $T_S$ とすると、平板全体のS偏光光の透過率 $T_{s01}$ は、  
 $T_{s01} = T_S^2 / (1 - R_S^2) \quad \cdots (3)$

で表わされる。

【0013】2枚の透明平板を用いた場合のS偏光光の透過率 $T_{s02}$ は、(3)式において、 $R_S = 1 - T_{s01}$ 、 $T_S = T_{s01}$ 、 $T_{s02} = T_{s01}$ とにおいて同様に計算することができる。さらに、3枚以上の透明平板を用いた場合のS偏光光の透過率 $T_{s03}$ 、 $T_{s04}$ 、・・・についても同様にして求めることができる。

【0014】(2)式で表わされるS偏光光の反射率 $R_S$ は、透明平板の屈折率が高くなるほど大きくなる。その結果、屈折率の高い透明平板を複数配置することにより、S偏光光は多重反射されて透過率は小さくなり、偏光分離効率が高まる。

【0015】例えば、透明平板の屈折率が1.5の場合には、1つの面についてはS偏光光の反射率 $R_S$ は14.8%であり、残りの85.2%が透過する。従って、 $T_{s01} = 74\%$ 、 $T_{s02} = 59\%$ 、 $T_{s03} = 42\%$ となり、3枚の場合の透過光の偏光度 $(= |P-S| / (P+S))$ は0.41となる。一方、透明平板の屈折率を1.6とすると、1つの面についてのS偏光光の反射率 $R_S$ は19.2%であり、従って、 $T_{s01} = 67.8\%$ 、 $T_{s02} = 51.3\%$ 、 $T_{s03} = 34.5\%$ と、透過光のS偏光光の比率は屈折率が1.5の場合に比べて低くなり、P偏光光の比率が高まる。3枚の透明平板で構成した場合、偏光素子の透過光の偏光度 $(= |P-S| / (P+S))$ は、0.49と高い。さらに、透明平板の屈折率を1.8とすると、1つの面についてのS偏光光の反射率 $R_S$ は27.9%であり、従って、 $T_{s01} = 56\%$ 、 $T_{s02} = 39\%$ 、 $T_{s03} = 24\%$ となり、P偏光光の比率はより高まる。3枚の透明平板で構成した場合、偏光素子の透過光の偏光度 $(= |P-S| / (P+S))$ は、0.61と、さらに高くなる。

【0016】また、本発明の板状偏光素子を偏光照明装置の偏光分離装置に用いることで、光源からの光は、そ\*

\*の大部分が所定の偏光方向の偏光光に変換されて出射されるので、液晶等、所定の偏光光を必要とするデバイスを照明するのに適している。特にプロジェクターに適用すれば、プロジェクターの照度が向上する。

【0017】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0018】図1は、本発明の板状偏光素子の一実施例を示す図である。図1に示すように本実施例の板状偏光素子4は、3枚の透明ガラス板4aを重ね合わせ、光軸Lに対して入射角 $\theta_0$ が略ブリュースター角となるように配置したものである。

【0019】透明ガラス板4aとしては、板厚が0.5mmの光学ガラスSF5（屈折率 $n=1.67270$ 、アッペ数 $\nu=32.1$ ）を用いた。ここで用いた透明ガラス板4aの屈折率の場合、ブリュースター角は59.13°である。

【0020】上記のように構成することにより、各透明ガラス板4aの1つの面におけるP偏光光の透過率 $T_P$ は100%、S偏光光の透過率 $T_S$ は77.6%、S偏光光の反射率 $R_S$ は22.4%である。上記(3)式を用い、3枚の透明ガラス板4aで構成される板状偏光素子4のS偏光光の透過率 $T_{s03}$ を求めると、その値は30.2%となる。したがって、この板状偏光素子4の透過光Tの偏光度 $(= |P-S| / (P+S))$ は0.54となり、高い偏光分離効率を得られる。いうまでもなく、板状偏光素子4の反射光Rの偏光度は1であり、純粹のS偏光光が得られる。

【0021】以上説明したように、それぞれ屈折率が1.6以上の複数の透明ガラス板4aを、光軸に対して略ブリュースター角となるように配置するだけで、透明ガラス板4aに表面処理を施さず、しかも少ない枚数で高い偏光分離効率を得られるので、安価で小型の偏光素子が達成される。また、透明ガラス板4aには表面処理を施していないので、分光特性をフラットなものとするることができる。

【0022】また、透明ガラス板4aの屈折率を高めるためには、ガラス材にランタン等の希土類や鉛を導入する方法がある。希土類を導入したものは分散が小さくなり、鉛を導入したものは分散が大きくなるという特性を有する。本発明で用いられる透明平板は必ずしも分散が小さいもの、すなわちアッペ数 $\nu$ が大きいものである必要はないので、透明平板として、アッペ数 $\nu$ が41.5以下のものを用いることが、入手も容易であり安価で好ましい。

【0023】図2は、本発明の偏光照明装置の一実施例の構成図であり、光源1からの無偏光光を偏光状態が互

いに異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置として、図1に示した板状偏光素子4を用いたものである。図2に示すように、板状偏光素子4は、背後にリフレクタ2が配置された、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ等からなる光源1から発せられる無偏光光の光路上に、光軸Lに対して入射角 $\theta_0$ が略ブリュースター角となるように配置されている。反射ミラー5は、板状偏光素子4の透過光を反射光と同一方向に折り曲げるためのものである。さらに、反射ミラー5で反射された透過光は、 $\lambda/2$ 板6により偏光面が90°

回転される構成となっており、反射ミラー5と $\lambda/2$ 板6とで偏光変換装置が構成されている。  
【0024】光源1から発せられた無偏光光は、板状偏光素子4で透過光と反射光とに分離されるが、上述したように、透過光は高い偏光度のP偏光光が得られ、反射光は純粋のS偏光光が得られる。そして、板状偏光素子4の透過光は反射ミラー5で反射された後、 $\lambda/2$ 板6で偏光面が90°回転される。すなわち、光源1から発せられた光は、その大部分がS偏光光に変換されて出射する。

【0025】本実施例の偏光照明装置では、板状偏光素子4の透過光の光路上に $\lambda/2$ 板6を配置した例を示したが、板状偏光素子4の反射光の光路上に $\lambda/2$ 板6を配置し、光源1からの光の大部分をP偏光光に変換させてもよい。

【0026】このように、所定の偏光方向の偏光光を出射できる偏光照明装置は、液晶等、所定の偏光光を必要とするデバイスを照明するのに適している。

【0027】次に、本発明の板状偏光素子を用いたプロジェクターについて説明する。

【0028】図3は、本発明のプロジェクターの一実施例を示す図である。図2に示すように、このプロジェクターは、背後にリフレクタ12が配置された、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ等からなる光源11と、光源11からの無偏光光を偏光状態が互いに異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置としての板状偏光素子14と、板状偏光素子14での反射光を透過光と同一方向に折り曲げるための反射ミラー15と、反射ミラー15からの偏光光の偏光面を90°回転させる $\lambda/2$ 板16と、板状偏光素子14および $\lambda/2$ 板16を透過した偏光光を平行光束に変換するコンデンサーレンズ17と、この平行光束を画像信号に応じて変調し画像光を形成する液晶パネル18と、液晶パネル18を透過した光を不図示のスクリーンに拡大投影する投影レンズ19とを有する。

【0029】板状偏光素子14は、3枚の透明ガラス板14aを重ね合わせ、光軸Lに対して入射角 $\theta_0$ が略ブリュースター角となるように配置したものである。透明ガラス板14aとしては、板厚が0.3mmの光学ガラスSF6（屈折率 $n=1.80518$ 、アッペ数 $\nu=2$

5.4）を用いた。ここで用いた透明ガラス板14aの屈折率の場合、ブリュースター角は61.02°である。

【0030】本実施例の板状偏光素子14では、各透明ガラス板14aの1つの面におけるP偏光光の透過率 $T_P$ は100%、S偏光光の透過率 $T_S$ は71.9%、S偏光光の反射率 $R_S$ は28.1%である。上記(3)式を用い、3枚の透明ガラス板14aで構成される板状偏光素子14のS偏光光の透過率 $T_{S03}$ を求めると、その値は0.242となる。したがって、この板状偏光素子14の透過光の偏光度 $(=|P-S|/(P+S))$ は0.61となり、高い偏光分離効率が得られる。いうまでもなく、板状偏光素子14の反射光の偏光度は1であり、純粋のS偏光光が得られる。このS偏光光は、反射ミラーで反射された後、 $\lambda/2$ 板で偏光面が90°回転されてP偏光光となる。

【0031】このように、光源11から発せられた無偏光光は大部分がP偏光光に変換され、コンデンサーレンズ17を透過して液晶パネル18を照明し、投射レンズ19でスクリーンに拡大投射されるので、スクリーンに投射される画像の照度を上げることができる。

【0032】本実施例のように屈折率 $n$ が1.8以上の透明平板を用いる場合には、透明平板としてアッペ数 $\nu$ が27以下のものを用いることが、入手も容易であり安価で好ましい。

【0033】ここでは、板状偏光素子14を3枚の透明ガラス板14aで構成したが、4枚の透明ガラス板14aで構成すれば、S偏光光の透過率 $T_{S04}$ は13.9%となり、偏光度 $(=|P-S|/(P+S))$ は0.76と、偏光分離効率がより高くなる。板状偏光素子14を5枚以上の透明ガラス板14aで構成すれば、さらに高い偏光度が得られるのはいうまでもない。

【0034】また、P偏光光を液晶パネル18に入射させているが、 $\lambda/2$ 板16を板状偏光素子14とコンデンサーレンズ17との間に配置して板状偏光素子14の透過光をS偏光光に変換し、S偏光光を液晶パネル18に入射させるように構成してもよい。

【0035】さらに、ここでは単板式の液晶プロジェクターの例を示したが、光源からの光をRGB3原色に分離するダイクロイックミラー等の分離手段と、RGBに対応した複数の液晶パネル（ライトバルブ）と、この液晶パネル（ライトバルブ）を介した色光を合成し投射レンズへと導く合成手段とを有する3板式液晶プロジェクターや、その他の多板式液晶プロジェクターにも同様に使用できる。この場合、板状偏光素子14の透明ガラス板14aには表面処理を施していないので、前述したように板状偏光素子14の分光特性はフラットなものとなり、プロジェクターの色再現性が向上する。

【0036】

【発明の効果】本発明は以上説明したとおり構成されているので、以下に記載する効果を奏する。

7

【0037】本発明の板状偏光素子は、それぞれ屈折率が1.6以上の複数の透明平板を入射角が略ブリュースター角になるように配置することにより、透明平板にコーティング等の後処理を施すことなく、しかも少ない枚数で偏光分離効率を高くすることができるようになる。その結果、装置の低コスト化、軽量化および小型化が実現できる。特に、各透明平板の屈折率をそれぞれ1.8以上とすれば、より偏光分離効率を高くすることができる。

【0038】本発明の偏光照明装置は、光源からの無偏光光を偏光状態が異なる一対の偏光光に分離する偏光分離装置として、上記本発明の板状偏光素子を用いることにより、光源からの光の大部分を所定の偏光光に変換して出射することができ、液晶等、所定の偏光光を必要とするデバイスを照明するのに適している。

【0039】そして、上記本発明の板状偏光素子をプロジェクターの偏光分離装置として用いることで、投射される画像の照度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

8

【図1】本発明の板状偏光素子の一実施例を示す図である。

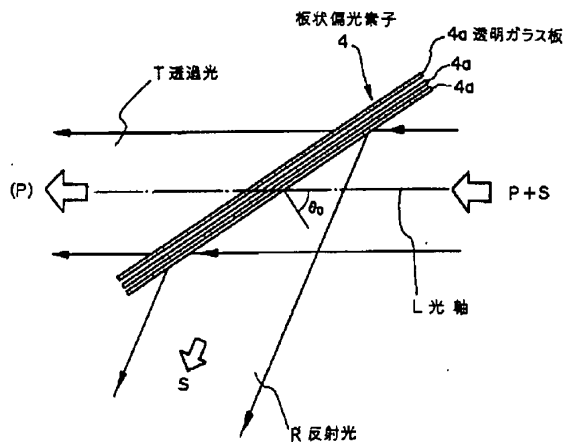
【図2】図1に示した板状偏光素子を用いた偏光照明装置の一実施例の構成図である。

【図3】本発明のプロジェクターの一実施例を示す図である。

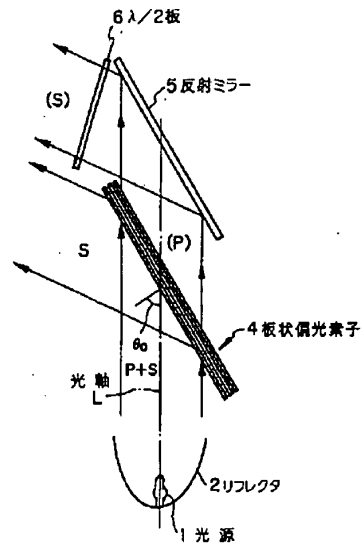
【符号の説明】

- 1、11 光源
- 2、12 リフレクタ
- 4、14 板状偏光素子
- 4a、14a 透明ガラス板
- 5、15 反射ミラー
- 6、16  $\lambda/2$ 板
- 17 コンデンサーレンズ
- 18 液晶パネル
- 19 投影レンズ
- L 光軸
- R 反射光
- T 透過光

【図1】



【図2】



【図3】

